

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-178172

(43) 公開日 平成8年(1996)7月12日

(51) Int.Cl.⁸

F 1 6 L 57/00

F 1 7 D 5/02

識別記号

B

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願平6-324457

(22) 出願日 平成6年(1994)12月27日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 菊 名 登

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地

株式会社東芝京浜事業所内

(72) 発明者 稲 垣 修 一

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地

株式会社東芝京浜事業所内

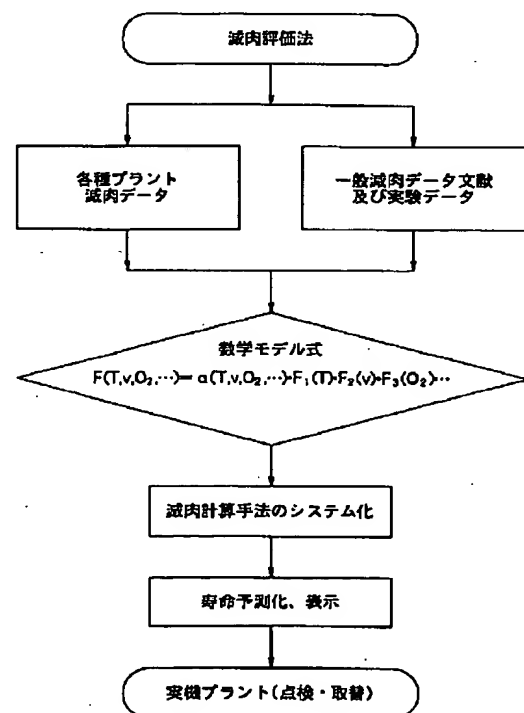
(74) 代理人 弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

(54) 【発明の名称】 機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法

(57) 【要約】

【目的】 プラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価において、実験データがなくとも寿命予測ができ、精度の高い寿命予測を行い得る評価法を得ること。

【構成】 少なくとも、1種類以上のプラントの減肉測定データベースと、一般の減肉関係のデータとしての文献データ及び実験データの減肉データベースにより、減肉現象のエロージョン・コロージョンの因子である材料成分、水質、及び流速等と減肉データの関係を把握し、減肉計算用の数学モデル式を設定し、エロージョン・コロージョン因子と、減肉量の関係を関数化して、各エロージョン・コロージョン因子の条件毎にエロージョン・コロージョンによる減肉計算式のデータベースを新たに構成し、上記減肉計算式をもとにエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価ができるようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】少なくとも、1種類以上のプラントの減肉測定データベースと、一般の減肉関係のデータとしての文献データ及び実験データの減肉データベースにより、減肉現象のエロージョン・コロージョンの因子である材料成分、水質、及び流速等と減肉データの関係を把握し、以上の減肉データベースより、減肉計算用の数学モデル式を設定し、前述のプラントの減肉測定データベース、文献データ及び実験データの減肉データベースをもとに、エロージョン・コロージョン因子と、減肉量の関係を関数化して、各エロージョン・コロージョン因子毎にこれらの関数のデータベースを構成し、これらの関数のデータベースと、前述のプラントの減肉測定データベース、文献データ及び実験データのデータベースにより、前述の数学モデル式により、各エロージョン・コロージョン因子の条件毎にエロージョン・コロージョンによる減肉計算式のデータベースを新たに構成し、以上のプラントの減肉測定データベース、文献データ及び実験データの減肉データベースと、データベース化した各エロージョン・コロージョン因子の各条件毎のエロージョン・コロージョンによる減肉計算式により、エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価ができるように、減肉計算及び評価法をシステム化し、機器及び配管装置類の寿命を予測し、実機プラントの点検・取り替え等を出力表示したことを特徴とする、機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法。

【請求項2】実機プラントの各系統毎に少なくとも、1個以上の肉厚測定用のプローブ等を取り付け、または実機プラントの各系統毎に少なくとも1箇所以上、肉厚測定器具により肉厚を計測し、これらの肉厚測定用のプローブ等によるオンライン減肉監視システムを構成し、対象実機プラントの肉厚をフォロー管理することにより、これらの減肉データにより、実機プラントの減肉測定データの追加、エロージョン・コロージョン因子と減肉速度の関数式の補正、及び、データベース化した各エロージョン・コロージョン因子の各条件毎のエロージョン・コロージョンによる減肉計算式のデータベースの追加、修正を行うことを特徴とする、請求項1記載の機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法。

【請求項3】対象プラントの代表的な部位の少量の実機プラント減肉測定データをエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価システム内に取り入れ、実機プラントの肉厚をフォロー管理することにより、これらの減肉データにより、実機プラントの減肉測定データの追加、エロージョン・コロージョン因子と減肉速度の関数の関数式の補正、及び、データベース化した各エロージョン・コロージョン因子の各条件毎のエロージョン・コロージョンによる減肉計算式のデータベースの追加、修

正を行うことを特徴とする、請求項1記載の機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法。

【請求項4】機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉評価法において、減肉データの文献データ及び実験データと、各種プラントの実機プラントの減肉データ等と、対象プラントの実機プラントの傾向管理データベースとしての減肉測定データを入力し、これらの減肉データベースより、実機プラントの機器及び配管装置類の減肉現象のエロージョン・コロージョン因子の影響を調査し、減肉測定データを整理分析し、エロージョン・コロージョン因子の影響及び対象プラントの実機プラント特有の現象を把握し、減肉現象の原因分析を行い、これにより、機器及び配管装置類の減肉対策、評価を行い、かつ、減肉現象のエロージョン・コロージョン因子のランク付け及び重み付けを行い、材料成分の変更、機器及び配管装置類の幾何学的形状の変更、pH、溶存酸素濃度、流速、湿り度及び温度等の水質、環境条件等の変更について、機器及び配管装置類の減肉対策及び管理方法を表示し、減肉対策、評価のため、前述の減肉現象のエロージョン・コロージョン因子のランク付け及び重み付けにより、対策の重要度、対策の優先順位について、エロージョン・コロージョン因子が特に強く、機器及び配管装置類の減肉対策、効果の大きい順番を表示出力し、この優先順位、コスト等を検討し、余寿命の向上のための管理方法、環境条件の変更、点検・取り替え等を明示して機器及び配管装置類の減肉対策、管理方法等を出力表示したことを特徴とする、機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法。

【請求項5】機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉評価法において、減肉現象のエロージョン・コロージョン因子として関係のあるものを選定、分析するため、各種プラントの減肉測定データベースと、一般の減肉関係のデータとしての文献データ及び実験データを統計処理して評価、分析を行い、減肉現象のエロージョン・コロージョンの因子として想定される因子としては、幾何学的形状（寸法、形状）、温度、流速（流量）、溶存酸素濃度、pH、湿り度、材料成分、圧力、溶存鉄濃度、有機物濃度及び溶存酸化珪素濃度等を選定し、これらについて、減肉現象のエロージョン・コロージョン因子のパラメータとして、前述の各種プラントの実機プラントの減肉測定データ、一般の減肉関係のデータとしての文献データ及び実験データの減肉データベースより、減肉現象のエロージョン・コロージョン因子と減肉量をグラフ化して分析及び評価を行い、減肉速度とエロージョン・コロージョン因子の関係を把握し、このグラフより減肉現象のエロージョン・コロージョンの因子の影響があるものを選定し、エロージョン・コロージョン因子のパラメータとして、機器及び配管装

置類の幾何学的形状、温度、流速、溶存酸素濃度、pH、湿度及び材料成分の7項目を選定し、下記数学モデル式を設定したことを特徴とする、機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法。

数学モデル式

$$F(T, v, O_2, Kc, pH, Mt, \eta) \\ = \alpha(T, v, O_2, Kc, pH, Mt, \eta) \cdot F_1(T) \cdot F_2(v) \cdot F_3(O_2) \cdot F_4(Kc) \cdot F_5(pH) \cdot F_6(MT) \cdot F_7(\eta) \\ F(T, v, O_2, Kc, pH, Mt, \eta) : \text{減肉速度} \\ \alpha(T, v, O_2, Kc, pH, Mt, \eta) : \text{エロージョン・コロージョン}$$

パラメータ

$F_1(T)$: 温度効果パラメータ
$F_2(v)$: 流速効果パラメータ
$F_3(O_2)$: 溶存酸素濃度効果パラメータ
$F_4(Kc)$: 形状効果パラメータ
$F_5(pH)$: pH効果パラメータ
$F_6(MT)$: 材料成分効果パラメータ
$F_7(\eta)$: 湿度効果パラメータ

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、発電プラント等の機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法に関する。

【0002】

【従来の技術】発電プラント等の各種プラントは、たくさんある機器及び配管装置類により構成されている。これらのプラントの健全性、かつ、安定した運転を行うためには、これらの機器及び配管装置類の損害をなくし、不具合を最小限にとどめて、劣化管理及び診断を行い、保守管理をする必要がある。即ち、高い信頼性の下で、長期的な安定した運転を維持していくためには、計画的な予防保全が不可欠である。機器及び配管装置類の主要な劣化要因の一つとして、内部流体によって、管壁及び機器の内面等にエロージョン・コロージョンによる薄肉化する減肉現象、即ち、化学的作用による腐食（コロージョン）と機械的作用による侵食（エロージョン）の相互作用により生ずる減肉現象が発生する。一般に、これらの機器及び配管装置類の減肉傾向の把握及び状況管理のため、発電プラント等の実機プラントの機器及び配管装置類の主な部位について、定期的に肉厚測定を実施している。これらの測定データと既存の取得データとを合わせて、適確に分析・評価することにより、機器及び配管装置類の健全性、評価及び診断を行い、プラントの運転の予防保全を行っている。

【0003】先ず初めに、機器及び配管装置類を構成している各種プラントに関し、ここで、代表的なプラントの一例として、原子力プラントの機器及び配管装置類の

構成を図を参照して説明する。

【0004】図9において、原子炉1には主蒸気止め弁2を有する主蒸気管3により高压タービン4が接続されている。高压タービン4にはクロスアラウンド管湿分分離器入口管5により湿分分離器6が接続され、湿分分離器6にはクロスアラウンド管湿分分離器出口管7を経て低压タービン8a, 8b, 8cが接続されている。上記高压タービン4と低压タービン8a…は発電機9とシャフトにより接続されている。低压タービン8は復水器10a, 10b, 10cと接続され、復水器10a…には復水ポンプ入口管11により復水ポンプ12が接続され、復水ポンプ12より給水加熱器14e, d, c, b, aに順次、復水ポンプ出口管13により接続されている。給水加熱器14aより原子炉給水ポンプ15まで復水ポンプ出口管13により導かれ、原子炉給水ポンプ15より原子炉1に高压給水管16により接続されている。給水加熱器14aには抽気管17aを介して高压タービン4から抽気が供給され、給水加熱器14bには抽気管17bを行って湿分分離器6から抽気が供給されるようにしてある。さらに、低压タービン8a, b, cより給水加熱器14c, d, eに、それぞれ抽気管17c, d, eを介して抽気が供給されるようにしてある。また、給水加熱器14a, b, c, dは、給水加熱器ドレン管18a, b, c, dにより下流側の給水加熱器14に順次接続される。また、給水加熱器14eより復水器10に給水加熱器ドレン管18eにより接続されている。

【0005】図9のように構成し、原子炉1より発生した蒸気は高压タービン4に導かれ、高压タービン4で仕事をして湿分分離器6に導かれる。主蒸気管2の途中に設置された主蒸気止め弁3はプラントを停止する場合に作動し、高压タービン4に入る蒸気を遮断する。湿分分離器6に入った蒸気は蒸気中の湿分を除去し低压タービン8a, 8b, 8cに導かれ、低压タービン8a, 8b, 8cにより仕事をする。なお、高压タービン4と低压タービン8a, 8b, 8cはシャフトにより発電機9と直結されており、高压タービン4と低压タービン8の回転により発電機9を回転させ発電する。低压タービン8により仕事をした蒸気は、復水器10により復水に戻される。この復水は復水ポンプ12により給水加熱器14a, 14b…により、順次加熱され、原子炉給水ポンプ15より原子炉1の給水として原子炉1に導かれている。また、給水加熱器14a, 14b…の加熱源の蒸気としては、先ず、高压タービン4の中段より抽気し、給水加熱器14aに導かれている。また、湿分分離器6の湿分は給水加熱器14bに導かれる。さらに、低压タービン8a, 8b, 8cの中段より、それぞれ、給水加熱器14c, d, eに導かれている。また、給水加熱器14a, b, c, dの加熱源の蒸気は凝縮し、これらのドレンは順次下流側の給水加熱器14b, c, d, eに導

かれ、下流側の給水加熱器14b, c, d, eの加熱源として使用される。また、給水加熱器14aの加熱源の蒸気の凝縮したドレンは復水器10に回収される。

【0006】以上説明したように、閉ループのサイクルを形成して前述の作用により発電し、原子炉発電プラントを構成している。

【0007】図9に示した機器及び配管装置類は、水質等の環境による腐食及び流速等の機械的作用により、内部流体によって管壁及び内面等にエロージョン・コロージョンによる薄肉化する減肉現象がある。これらの減肉現象の程度は、水質等の環境及び流速等により影響を受ける。

【0008】これらのエロージョン・コロージョンによる減肉現象の発生メカニズムを図を参照して説明する。図10において、エロージョン・コロージョンによる減肉現象は、まず、水質、温度等の化学的作用により腐食のコロージョンが発生し、これらは保護被覆の形成に関係する。また、流速及び形状による機械的作用の機械的な力により侵食のエロージョンが発生し、これらの相互作用によりエロージョン・コロージョンによる減肉現象が発生し、管壁及び機器の内面等にエロージョン・コロージョンによる減肉現象が発生する。このエロージョン・コロージョンによる減肉現象及び作用について詳細に説明する。

【0009】エロージョン・コロージョンによる減肉現象は、化学的作用により腐食（コロージョン）と、機械的作用による侵食（エロージョン）の相互作用により、発生する減肉現象である。即ち、金属の減肉を考える場合、周囲の流体条件（水質、温度等）及び流動条件（流速、形状等）によりその機構が異なる。腐食環境下の金属は腐食により、減肉していくが、流体の流速が小さい等、機械的作用が小さい場合には単独腐食を起こり、機械的作用がある程度以上大きくなると、腐食とともに侵食の影響を受け、エロージョン・コロージョンによる減肉現象が生じることになる。

【0010】エロージョン・コロージョンによる減肉現象のメカニズムについては、以下のごとく、進行することが知られている。純水の中性雰囲気では、マグネタイト（ Fe_3O_4 ）の一次被覆を形成する。

【0011】 $3\text{Fe} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Fe}_3\text{O}_4 + 4\text{H}_2$
この一次被覆であるマグネタイトは多くの細孔を有し、地鉄より第一鉄イオン（ Fe^{2+} ）が溶出する。溶出した第一鉄イオンが表面で沈殿し二次被覆を形成して、初めて安定な保護被覆が完成する。しかしながら、腐食的に健全な状態でない場合には、第一鉄イオンの沈殿に時間がかかり、さらに、流速が速い、あるいは、渦流・乱流等による影響等の機械的作用が重なると、第一鉄イオンが表面に沈殿しないか、あるいは一次被覆が剥離することで安定な保護被覆が形成されず、腐食により減肉が進行していく。これがエロージョン・コロージョンによる

減肉現象である。

【0012】次に、機器及び配管装置類の部位について、エロージョン・コロージョンによる減肉現象が発生した場合について、管壁及び機器の内面等の薄肉化の減肉現象の状況について説明する。エロージョン・コロージョンによる減肉現象は、材質的に炭素鋼で特に顕著に表れ、効果が大きく、種々の因子が複雑に影響を及ぼしあって発生し、進行する。

【0013】一般的にエロージョン・コロージョンによる減肉が起こる部位としては、高流速、高湿度の気液二相流体の配管装置及び機器類に起こり、乱流、流れの乱れ、水滴の衝突の作用により発生する。また、水系流体、気液二相流体の配管系では、150～180℃程度の比較的高温域で減肉現象のピークが発生する。また、配管系を構成する部品（直管、曲げ管、分岐管及び弁類）については、相対的に減肉を生じ易い部位があり、逆止弁下流、オリフィス下流及び調節弁等の下流に比較的大きな減肉現象が発生している。なお、これらは乱流及び配管形状等に起因する流れの乱れ及び気液二相流体の場合には、水滴の衝突等による作用、気液二相流体の液相の変動等により、相対的に減肉する場合がある。これらのエロージョン・コロージョンによる減肉現象について、配管装置の代表的な曲り管の例を図面を参照して説明する。

【0014】即ち、図11に示すように、直管24と曲り管26と直管24は、溶接接続等により接続されている。単層流の流体の流れ方向27より流体が入り、曲り管26の背側に単層流の流体が衝突し、図中下方より流体が出ていく。この場合、曲り管26の背側にエロージョン・コロージョンによる減肉現象により、減肉箇所28が生じることになる。

【0015】従って、このようなエロージョン・コロージョンによる減肉現象に対し、各種プラントの機器及び配管装置類について、高い信頼性で、長期的な安定運転を継続していくためには、計画的な予防保全が不可欠であり、以上説明した機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉現象を十分に把握し、実機プラントに反映する必要がある。

【0016】そこで、各種プラントの機器及び配管装置類の経年変化の要因の内、エロージョン・コロージョンによる減肉現象に対する予防保全としては、まず、機器及び配管装置類の設計上の対策としては、減肉現象が発生しにくい条件を設定し管理するか、または、使用中のプラントの機器及び配管装置類の肉厚を継続的に管理し、必要に応じて、計画的に改善を行う二つの方法がある。

【0017】まず、設計上の予防対策としては、使用条件の厳しいラインについては、耐蝕性の優れるステンレス鋼及び低合金鋼等を採用し、また、系統内の最適な流速を選定し、また、著しい流れの乱れが生じないような

配管形状及び配管継手の構成を考慮している。さらに、化学的因子については、減肉を最小限に押えるような水質管理を実施している。また、以上の設計上の配慮の他に、使用中の関知として、機器及び配管装置類の減肉現象の発生は、材料及び環境的な要因ばかりでなく、局部的な系統条件等にも関係し、前述の設計上の予防対策の他に、使用状態に即した細かい管理が必要である。このため、実機プラントでは、使用機器及び配管装置類の内、エロージョン・コロージョンによる減肉現象の影響因子との関係から、相対的に減肉現象の可能性のある系統及び位置については、定期的な点検を実施し、この点検結果をもとに、機器及び配管装置類の健全性の確認、最適な改善時期の設定のための余寿命評価を行い、信頼度の高い保全を進めている。

【0018】以上の機器及び配管装置類の点検方法について説明する。まず、点検箇所については、主に、流体の偏流部、気液二相流体の高流速部及び高湿度部等の減肉環境部として、流れの厳しい部位及びこれまでの肉厚測定の結果より、相対的に減肉現象の多い部位について実施している。プラントの機器及び配管装置類の肉厚の測定方法としては、例えば、配管装置の場合には、目視点検と管外面より、肉厚測定を実施し、肉厚測定は管外面より、超音波厚み計により測定が行われる。使用前の配管を工場、または、運転前に初期肉厚を測定し、管外面に細かいピッチでマークされた定点の肉厚を測定し、運転後及び使用後について、定期的に同位置の測定を行い、肉厚の管理、減肉の経年変化の評価及び管理を行っている。これらの減肉調査の肉厚測定は、プラントの定期点検毎に計画的に展開、実施され、これらの配管装置の肉厚測定データとしては、非常に膨大なデータ量となっている。これらの傾向管理手法により運転プラントへの管理方法として、機器及び配管装置類の対策グレードを決定し、このグレードにより、減肉対策を実施している。グレードの一例として、①減肉条件下にあり、早急に低合金鋼への交換を要する箇所、②減肉条件下にあり、計画的な低合金鋼への交換を要する箇所、なお、交換までは肉厚測定による監視が必要、③減肉条件下にあり、継続的な肉厚測定による監視を行い、対策を決定する箇所、④顕著な減肉傾向が無く対策不要と考えられる箇所、等の区分分けをする方法がある。

【0019】また、以上の評価、判定としては、点検の結果及びこれまでの減肉データとの比較により、エロージョン・コロージョンによる減肉部位がどの程度の残存肉厚を持っているか、また、どの位の時間で使用可能な限界肉厚となるかの評価、判定の基準として、管の当該減肉部位が持つべき構造強度の面から要求される必要最小肉厚を基準のベースとし、肉厚の減肉変化率よりこの必要最小肉厚に至る時間を求めている。また、点検、評価の結果により、余寿命が十分に長い箇所については、その後の監視範囲の見直し等を適切に反映している。以

上の発電プラントの機器及び配管装置類の予防保全技術としての傾向管理手法によるエロージョン・コロージョンによる減肉部の減肉管理を図を参照して説明する。

【0020】図12に示すように、実機プラントの配管装置を一例として、減肉管理のフローを説明すると、定期点検時等により、各系統、各ライン及び各部位毎に管外面に細かいピッチでマークされた定点の網目上の箇所の配管肉厚測定点の減肉測定データを収集し、これらのデータと、使用前または運転前の初期肉厚、及び前回の定期点検時等の減肉測定データをもとに、これらの減肉測定点検部位の減肉量を算出し、その部位の減肉変化率を算出する。これにより、どの程度の残存肉厚を持っているか、また、どの位の時間で使用すれば限界肉厚となるかの、肉厚の減肉変化率よりこの必要最小肉厚に至る時間を求め、配管装置の計算上最小必要肉厚より寿命を算出し、余寿命の予測を行っている。以上の減肉管理の傾向管理手法により、これらの実機プラントの配管装置の肉厚測定結果をもとに、健全性及び余寿命等の評価を行い、次の点検計画及び配管装置の取り替え及び一部補修取り替え等の減肉管理を行い、プラントの配管装置の予防保全を行っている。

【0021】次に一例として、配管装置の肉厚測定データ及び既肉厚測定データをもとに、寿命を推定する方法を図を参照して説明する。図13は、肉厚測定結果より寿命を推定したグラフを示し、縦軸は配管装置の配管肉厚を示し、横軸は運転年月を示す。縦軸には、公称厚さ t_{nom} 、製造最小厚さ t_{min} 及び計算上必要厚さ t_{sr} を示し、横軸は、定期点検時等に測定した第1回及び第2回測定の時期を示す。例えば、測定部位の運転初期の配管肉厚は、公称厚さ t_{nom} より、第1回測定で、測定最小値 t_1 となり、直線 h で示し、第2回測定では、測定最小値 t_1 より t_2 となり直線 i で示す。

【0022】また、測定部位の第1回測定時のデータと第2回測定時のデータより、その部位の最大減肉変化率をあてはめて、計算上必要厚さ t_{sr} までに至る時間について寿命を算出すると、第2回測定時の測定最小値 t_2 より、計算上必要厚さ t_{sr} まで直線 j となり、推定寿命が30年になるというものである。図中実線は、配管肉厚の実際の変化を示し、破線は、寿命を推定した線を示す。なお、当初は、運転初期の肉厚は、測定していないことが多く、初期肉厚としては公称厚さ t_{nom} を使用することが多く、この場合にも公称厚さ t_{nom} を使用した場合の例を示す。このように各測定箇所等に減肉変化率を把握し、余寿命の把握を行い、各種プラントの機器及び配管装置類の予防保全として、経年変化の要因の一つである減肉現象に対し、実機プラントの機器及び配管装置類の膨大なデータである肉厚測定結果をもとに、機器及び配管装置類の健全性及び余寿命等を評価する。

【0023】

【発明が解決しようとする課題】

(a) 各種プラントの機器及び配管装置類の劣化要因の一つとして、エロージョン・コロージョンによる減肉現象がある。このため、機器及び配管装置類の減肉傾向の把握及び減肉状況管理のため、発電プラント等の実機プラントについては、機器及び配管装置類の主な部位について、定期的に肉厚測定等の点検を実施している。これらの減肉管理の傾向管理手法の機器及び配管装置類の点検について、点検箇所については、主に、流体の偏流部、気液二相流体の高流速部及び高湿度部等の減肉環境部として、流れの厳しい部位及びこれまでの肉厚測定の点検結果より、相対的に減肉現象の多い部位について実施している。プラントの機器及び配管装置類の肉厚の測定方法としては、例えば、配管装置の場合には、目視点検と管外面より、肉厚測定を実施し、肉厚測定は管外面より、超音波厚み計により測定が行われる。使用前の配管を工場、または、運転前に初期肉厚を測定し、管外面に細かいピッチでマークされた定点の肉厚を測定し、運転後及び使用後について、定期的に同位置の測定を行い、肉厚の管理、減肉の平年変化の評価及び管理を行っている。これらの減肉調査の肉厚測定は、プラントの定期点検毎に計画的に展開、実施され、これらの配管装置の肉厚測定データとしては、測定箇所は、プラントの各系統、各部品及び各部位毎に肉厚測定を実施しているため、非常に膨大なデータ量となっている。これらの減肉測定データより、肉厚測定部位毎の減肉量及び減肉変化率を求めることは、非常に多大な労力を要している。また、これらの減肉測定データより、対象となるプラントのエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価を行う場合、減肉計算及び評価の精度を向上させるためには、非常に多くのデータが必要となる。また、対象プラントの減肉データは、そのプラントの減肉測定データであり、他のプラントのエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価は、その対象プラントの特有の傾向もあり、これらの減肉データのみでは、他のプラント減肉計算及び評価を行うことができない。

【0024】本発明は、このような点に鑑み、プラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法について、各種プラントの減肉データと、減肉データの文献データ及び実験データと、設定した減肉計算用の数学モデル式により、エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法をシステム化して寿命予測化し、実機プラントの点検及び取り替え等を出力、表示し、従来の傾向管理手法の実験データを使用せず、実験データがなくとも寿命予測ができ、これにより精度の高い寿命予測を行い、信頼性の高い予防保全ができ、かつ、効果的な機器及び配管装置類の減肉計算及び評価法のシステムを提供することを目的とする。

(b) 以上説明したように、エロージョン・コロージョンによる減肉データによる減肉管理の傾向管理手法では、非常に膨大な減肉測定データが必要である。また、

前述の各種プラントの減肉データと、減肉データの文献データ及び実験データによる減肉計算及び評価法は、一般的なプラントの減肉計算及び評価法であり、実機プラントには、実機特有の傾向を示すことが多い。従って、これらの実機特有の傾向を上記の減肉計算及び評価法のシステムに実機プラントの減肉データを全て取り入れて、傾向管理手法と併用することにより、これらの実機プラントの減肉データを反映した場合には、非常に膨大なデータとなるため、非常にシステムの構成及びデータ入力等が大変である。

【0025】本発明は、このような点に鑑み、プラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法について、各種プラントの減肉データと、減肉データの文献データ及び実験データと、設定した減肉計算用の数学モデル式によるエロージョン・コロージョンの減肉管理及び評価システムの精度向上を図るため、この減肉計算及び評価法のシステムに、実機プラントの各系統に肉厚測定用のプローブ等を取り付け、または、肉厚を計測することにより、これらの肉厚測定用のプローブ等によるオンライン減肉監視システムを構成し、実機プラントの肉厚をフォロー管理することにより、データベースの追加、修正及びエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価システムを検証、修正及び更新し、精度を向上させるものである。また、寿命予測を行い、実機プラントの点検及び取り替え等を出力表示し、従来の傾向管理手法を併用して、実機減肉データをオンラインでフィードバックし、少ない実機データで減肉評価システムを補正し、オンラインで最新データを入力し、これにより精度の高い実機評価を行い、効果的な減肉管理を行って、精度の高い寿命評価により、信頼性の高い予防保全ができ、かつ、効果的な機器及び配管装置類の減肉計算及び評価法のシステムを提供することを目的とする。

(c) 以上説明したように、エロージョン・コロージョンによる減肉データによる減肉管理の傾向管理手法では、非常に膨大な減肉測定データが必要である。また、前述の各種プラントの減肉データと、減肉データの文献データ及び実験データによる減肉計算及び評価法は、一般的なプラントの減肉計算及び評価法であり、実機プラントには、実機特有の傾向を示すことが多い。

【0026】従って、これらの実機特有の傾向を上記の減肉計算及び評価法のシステムに実機プラントの減肉データを全て取り入れて、傾向管理手法と併用することにより、これらの実機プラントの減肉データを反映した場合には、非常に膨大なデータとなるため、非常にシステムの構成及びデータ入力等が大変である。また、前述のように肉厚測定用のプローブを取り付けて、オンライン減肉管理システムを構成する方法もあるが、設備等が大きくなり、コスト高が懸念される。

【0027】本発明は、このような点に鑑み、プラント

の機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法について、各種プラントの減肉データと、減肉データの文献データ及び実験データと、設定した減肉計算用数学モデル式によるエロージョン・コロージョンの減肉計算及び評価システムの精度向上を図るため、この減肉計算及び評価法のシステムに、実機プラントの代表的な部位の少量の減肉データを取り入れて、実機プラントの肉厚をフォロー管理することにより、データベースの追加、修正及びエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価システムを検証、修正及び更新し、精度を向上させるものである。また、寿命予測を行い、実機プラントの点検及び取り替え等を出力表示し、従来の傾向管理手法を併用して、代表的な部位の少量の減肉データを取り入れ、オンラインにより入力するのではなく、少量の実機データで減肉評価システムを補正し、最新の少量の減肉データを取り入れ、これにより精度の高い実機評価を行い、効果的な減肉管理を行って、精度の高い寿命評価により、信頼性の高い予防保全ができ、かつ、効果的な機器及び配管装置類の減肉計算及び評価法のシステムを提供することを目的とする。

(d) 従来、実機プラントの機器及び配管装置類の取り替え、肉厚測定点の特定、及びエロージョン・コロージョンによる減肉現象を少なくするため、水質及び環境条件等の変更について、プラントの機器及び配管装置類の保全管理を行う場合には、機器及び配管装置類の経年的に連続的な調査を行い、多くの肉厚測定データ等により、材料変更、配管形状変更、水質変更、及び環境条件等の変更による管理及び運転方法等の変更を行っていた。これらの方法は、多量の減肉データ及び調査年数がかかり、コストと時間が非常にかかってしまう。

【0028】本発明は、このような点に鑑み、プラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法について、減肉データの文献データ及び実験データ、及び各種プラントの減肉データ及び減肉評価対象プラントの減肉データを入力し、整理・分析して統計的に分析、評価することにより減肉対象評価を行い、実機プラントの機器及び配管装置類の減肉傾向が把握でき、種々の減肉対象を明示して対象実機プラントの減肉対策を行うものである。従って、対象実機プラントの減肉傾向の要因分析により、減肉傾向の発生条件、感度、減肉変化率等を統計的に把握し、重み付けして、実機プラントの機器及び配管装置類の保守管理を行い、効率の良い減肉管理と寿命診断ができ、精度の高い寿命評価により、信頼性の高い予防保全ができ、かつ、効果的な機器及び配管装置類の減肉計算及び評価法のシステムを提供することを目的とする。

(e) 種々のプラントにおいて、そのプラントの種類により、エロージョン・コロージョンによる減肉現象の影響を与える因子としてはいろいろのものがある。これらのエロージョン・コロージョンの調査及び評価のため、

減肉データベースを入力する場合は、よりたくさんの環境データ及び減肉データ、即ち、環境条件として、水質条件、機器及び配管装置類の幾何学的条件、材料成分条件、流速等の機械的な力の環境条件及び詳細な減肉データが必要である。この場合には、非常にたくさんの減肉測定データベースとなり、この場合には、たくさんの減肉測定データをエロージョン・コロージョンの減肉計算及び評価システムに入力することになる。また、減肉データの条件及び環境条件の入力は、非常に膨大な入力データとなり、さらに、このシステム内の減肉計算用の数学モデル式を設定する場合には、環境因子のパラメータの設定が非常に多くなり大変な作業となってしまう。従って、エロージョン・コロージョンの減肉現象の影響のある因子であるパラメータを最小限にして、エロージョン・コロージョンの減肉データベースのインプット量を少なくする必要がある。即ち、対象となるプラントの種類毎に最小限のエロージョン・コロージョンの減肉現象の減肉パラメータを設定する必要がある。

【0029】本発明は、このような点に鑑み、プラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法について、例えば、一例として、火力及び原子力発電プラントの機器及び配管装置類の場合には、これらの発電プラントの減肉データ、各種プラントの減肉データ及び減肉データの文献データ及び実験データについて、これらの減肉データベースの分析評価を行い、エロージョン・コロージョンによる減肉現象のパラメータとして、機器及び配管装置類の幾何学的形状、温度、流速、溶存酸素濃度、pH、湿度及び材料成分の7項目を選定し、数学モデル式を設定して、入力データを極力少なくして、かつ、数学モデル式のパラメータを最小限にすることにより、効果的に減肉計算及び評価を行うことができ、精度の高い寿命評価により、信頼性の高い予防保全ができ、かつ、効果的な機器及び配管装置類の減肉計算及び評価法のシステムを提供することを目的とする。

【0030】

【課題を解決するための手段】本発明は機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉評価法として、少なくとも、1種類以上のプラントの減肉測定データベースと、一般の減肉関係のデータとしての文献データ及び実験データの減肉データベースにより、減肉現象のエロージョン・コロージョンの因子である材料成分、水質、及び流速等と減肉データの関係を把握し、以上の減肉データベースより、減肉計算用の数学モデル式を設定し、前述のプラントの減肉測定データベース、文献データ及び実験データの減肉データベースをもとに、エロージョン・コロージョン因子と、減肉量の関係を関数化して、各エロージョン・コロージョン因子毎にこれらの関数のデータベースを構成し、これらの関数のデータベースと、前述のプラントの減肉測定データベース、

文献データ及び実験データのデータベースにより、前述の数学モデル式により、各エロージョン・コロージョン因子の条件毎にエロージョン・コロージョンによる減肉計算式のデータベースを新たに構成し、以上のプラントの減肉測定データベース、文献データ及び実験データの減肉データベースと、データベース化した各エロージョン・コロージョン因子の各条件毎のエロージョン・コロージョンによる減肉計算式により、エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価ができるように、減肉計算及び評価法をシステム化し、機器及び配管装置類の寿命を予測し、実機プラントの点検・取り替え等を出力表示したことを特徴とする。

【0031】また、実機プラントの各系統毎に少なくとも、1個以上の肉厚測定用のプローブ等を取り付け、または実機プラントの各系統毎に少なくとも1箇所以上、肉厚測定器具により肉厚を計測し、これらの肉厚測定用のプローブ等によるオンライン減肉監視システムを構成し、対象実機プラントの肉厚をフォロー管理することにより、これらの減肉データにより、実機プラントの減肉測定データの追加、エロージョン・コロージョン因子と減肉速度の関数式の補正、及び、データベース化した各エロージョン・コロージョン因子の各条件毎のエロージョン・コロージョンによる減肉計算式のデータベースの追加、修正を行うことを特徴とする。

【0032】また、その対象プラントの代表的な部位の少量の実機プラント減肉測定データをエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価システム内に取り入れ、実機プラントの肉厚をフォロー管理することにより、これらの減肉データにより、実機プラントの減肉測定データの追加、エロージョン・コロージョン因子と減肉速度の関数の関数式の補正、及び、データベース化した各エロージョン・コロージョン因子の各条件毎のエロージョン・コロージョンによる減肉計算式のデータベースの追加、修正を行うことを特徴とする。

【0033】また、機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉評価法において、減肉データの文献データ及び実験データと、各種プラントの実機プラントの減肉データ等と、対象プラントの実機プラントの傾向管理データベースとしての減肉測定データを入力し、これらの減肉データベースより、実機プラントの機器及び配管装置類の減肉現象のエロージョン・コロージョン因子の影響を調査し、減肉測定データを整理分析

し、エロージョン・コロージョン因子の影響及び対象プラントの実機プラント特有の現象を把握し、減肉現象の原因分析を行い、これにより、機器及び配管装置類の減肉対策、評価を行い、かつ、減肉現象のエロージョン・コロージョン因子のランク付け及び重み付けを行い、材料成分の変更、機器及び配管装置類の幾何学的形状の変更、pH、溶存酸素濃度、流速、湿り度及び温度等の水質、環境条件等の変更について、機器及び配管装置類の減肉対策及び管理方法を表示し、減肉対策、評価のため、前述の減肉現象のエロージョン・コロージョン因子のランク付け及び重み付けにより、対策の重要度、対策の優先順位について、エロージョン・コロージョン因子が特に強く、機器及び配管装置類の減肉対策、効果の大きい順番を表示出力し、この優先順位、コスト等を検討し、余寿命の向上のための管理方法、環境条件の変更、点検・取り替え等を明示して機器及び配管装置類の減肉対策、管理方法等を出力表示したことを特徴とする。

【0034】また、機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉評価法において、減肉現象のエロージョン・コロージョン因子として関係のあるものを選定、分析するため、各種プラントの減肉測定データベースと、一般の減肉関係のデータとしての文献データ及び実験データを統計処理して評価、分析を行い、減肉現象のエロージョン・コロージョンの因子として想定される因子としては、幾何学的形状（寸法、形状）、温度、流速（流量）、溶存酸素濃度、pH、湿り度、材料成分、圧力、溶存鉄濃度、有機物濃度及び溶存酸化珪素濃度等を選定し、これらについて、減肉現象のエロージョン・コロージョン因子のパラメータとして、前述の各種プラントの実機プラントの減肉測定データ、一般の減肉関係のデータとしての文献データ及び実験データの減肉データベースより、減肉現象のエロージョン・コロージョン因子と減肉量をグラフ化して分析及び評価を行い、減肉速度とエロージョン・コロージョン因子の関係を把握し、このグラフより減肉現象のエロージョン・コロージョンの因子の影響もあるものを選定し、エロージョン・コロージョン因子のパラメータとして、機器及び配管装置類の幾何学的形状、温度、流速、溶存酸素濃度、pH、湿り度及び材料成分の7項目を選定し、下記数学モデル式を設定したことを特徴とする。

【0035】

数学モデル式

$$\begin{aligned} F(T, v, O_2, Kc, pH, Mt, \eta) \\ = \alpha(T, v, O_2, Kc, pH, Mt, \eta) \cdot F_1(T) \cdot F_2(v) \\ \cdot F_3(O_2) \cdot F_4(Kc) \cdot F_5(pH) \cdot F_6(MT) \cdot F_7(\eta) \\ \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

$F(T, v, O_2, Kc, pH, Mt, \eta)$: 減肉速度
 $\alpha(T, v, O_2, Kc, pH, Mt, \eta)$: エロージョン・コロージョン

パラメータ

$F_1(T)$: 温度効果パラメータ
 $F_2(v)$: 流速効果パラメータ

F_3 (O_2) : 溶存酸素濃度効果パラメータ
 F_4 (Kc) : 形状効果パラメータ
 F_5 (pH) : pH効果パラメータ
 F_6 (MT) : 材料成分効果パラメータ
 F_7 (η) : 湿度効果パラメータ

【0036】

【作用】作用としては、先ず、機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法について、各種プラントの減肉データと、減肉データの文献データ及び実験データと、設定した減肉計算用の数学モデル式により、エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法をシステム化して寿命予測化し、実機プラントの点検及び取り替え等を出力、表示し、従来の傾向管理手法の実機データを使用せず、実機データがなくとも寿命予測ができ、これにより精度の高い寿命予測を行い、信頼性の高い予防保全ができ、かつ、効果的な機器及び配管装置類の減肉計算及び評価を行うことができる。また、これらのエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法は、数値計算に裏付けられた減肉管理を行うことができる。さらに、本エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法のシステムを使用することにより、機器及び配管装置類の肉厚測定のプロセスまたは、削減することができる。

【0037】また、この減肉計算及び評価法のシステムに、実機プラントの各系統に肉厚測定用のプローブ等を取り付け、または、肉厚を計測することにより、これらの肉厚測定用のプローブ等によるオンライン減肉監視システムを構成し、実機プラントの肉厚をフォロー管理することにより、データベースの追加、修正及びエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価システムを検証、修正及び更新し、精度を向上させることができる。また、寿命予測を行い、実機プラントの点検及び取り替え等を出力表示し、従来の傾向管理手法を併用して、実機減肉データをオンラインでフィードバックし、少ない実機データで減肉評価システムを補正し、オンラインで最新データを入力し、これにより精度の高い実機評価を行い、効果的な減肉管理を行って、精度の高い寿命評価により、信頼性の高い予防保全ができ、かつ、効果的な機器及び配管装置類の減肉計算及び評価を行うことができる。また、これらのエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法は、数値計算に裏付けられた減肉管理を行うことができる。また、代表的な部位に探触子を取り付け、リード線により肉厚測定器と接続し、肉厚測定器とデータ送信ラインによりオンライン減肉監視システムに接続し、エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価システムと結合させることにより、連続的に最新の配管肉厚データ（減肉データ）をシステムに入力し、実機プラントの肉厚フォロー管理、データベースの追加修正及びエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価システムの検証、修正及び更新

し、精度向上を図ることができる。

【0038】また、この減肉計算及び評価法のシステムに、実機プラントの代表的な部位の少量の減肉データを取り入れて、実機プラントの肉厚をフォロー管理することにより、データベースの追加、修正及びエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価システムを検証、修正及び更新し、精度を向上させることができる。さらに、減肉現象のエロージョン・コロージョン因子のランク付け及び重み付けを行い、材料成分の変更、機器及び配管装置類の幾何学的形状の変更、pH、溶存酸素濃度、流速、湿度及び温度等の水質、環境条件等の変更について、機器及び配管装置類の減肉対策及び管理方法を表示し、減肉対策、評価のため、前述の減肉現象のエロージョン・コロージョン因子のランク付け及び重み付けにより、対策の重要度、対策の優先順位について、エロージョン・コロージョン因子が特に強く、機器及び配管装置類の減肉対策、効果の大きい順番を表示出力し、この優先順位、コスト等を検討し、余寿命の向上のための管理方法、環境条件の変更、点検・取り替え等を明示して機器及び配管装置類の減肉対策、管理方法等を出力表示する。これにより、機器及び配管装置類の減肉部位の推定及び特定し、また、これらのエロージョン・コロージョンの影響因子の減肉感度を統計的に把握し、各因子、条件に重み付けして、次の点検計画（取り替え及び点検の測定対象範囲、系統、位置の選定、測定頻度、代表着目点の設定等）に反映して、調査箇所の特定及び測定数を限定したりして、機器及び配管装置類の減肉調査測定箇所の削除及び低減を図ることができる。

【0039】また、プラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法について、エロージョン・コロージョンによる減肉現象のパラメータとして、機器及び配管装置類の幾何学的形状、温度、流速、溶存酸素濃度、pH、湿度及び材料成分の7項目を選定し、減肉計算用の数学モデル式を設定し、入力データを極力少なくして、かつ、数学モデル式のパラメータを最小限にすることにより、効果的に減肉計算及び評価を行うことができ、精度の高い寿命評価により、信頼性の高い予防保全ができ、かつ、効果的な機器及び配管装置類の減肉計算及び評価を行うことができる。

【実施例1】以下、図面を参照して本発明の実施例について説明する。図1は、本発明によるプラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法のシステムのフローの一例を示すフローチャートである。機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価方法としては、先ず、各種プラントの減肉データ、即ち、火力、原子力、地熱及びコンバインドサイクル等の発電プラント、化学プラント及び造水プラント等の実機プラントの減肉測定データと、一般の減肉関係のデータとしての文献データ

及び実験データの減肉データベースを作成する。また、各種プラントの減肉データ及び文献及び実験データより、エロージョン・コロージョンによる減肉現象の因子である材料成分、機器及び配管装置類の幾何学的形状、pH、湿度、温度及び流速等と減肉速度との関係を把握する。

$$F(T, v, O_2, \dots) = \alpha(T, v, O_2, \dots) \cdot F_1(T) \cdot F_2(v) \cdot F_3(O_2) \cdot \dots \quad (1)$$

$F(T, v, O_2, \dots)$: 減肉速度

$\alpha(T, v, O_2, \dots)$: エロージョン・コロージョンパラメータ

$F_1(T)$: 温度効果パラメータ

$F_2(v)$: 流速効果パラメータ

$F_3(O_2)$: 溶存酸素濃度効果パラメータ

次に、以上の各種実機プラントの減肉データベース及び文献データ及び実験データの減肉データベースをもとに、エロージョン・コロージョンによる減肉現象の因子を把握するため、例えば、一つの因子の影響を調査する場合には、他の因子については、環境条件等を狭めて、一つの因子の影響が明確になるように、エロージョン・コロージョンの各因子の環境条件等を設定し、エロージョン・コロージョンの各因子と減肉速度との関係を把握し、これらの関係を関数化する。

【0040】即ち、エロージョン・コロージョン現象の水質及び材料成分の化学的環境の因子である温度、材料成分、溶存酸素濃度、及び物理的環境の流速及び幾何学的形状等のそれぞれの因子について、狭い環境条件で設定したエロージョン・コロージョンの環境条件毎にエロージョン・コロージョンの各因子と減肉速度との関係を関数化し、これらの多数の関数式を新たにデータベース化し減肉計算及び評価に使用する。これは、数学モデル式の $F_1(T)$ 、 $F_2(v)$ 、 $F_3(O_2)$ 等の関数式を求めてデータベース化するものである。

【0041】次に、以上の関数化した減肉速度と各エロージョン・コロージョン因子との関数式のデータベース $F_1(T)$ 、 $F_2(v)$ 、 $F_3(O_2)$ ……と、前述の実機プラントの各々の減肉データと、文献データ及び実験データの減肉データベース $F(T, v, O_2, \dots)$ との関係を数学モデル式により求める。即ち、エロージョン・コロージョンパラメータの $\alpha(T, v, O_2, \dots)$ を各種実機プラントの減肉データ及び文献データ、実験データ毎に求め、各エロージョン・コロージョンの環境条件毎にこれらの多数のエロージョン・コロージョンパラメータのデータベース化をはかり、数学モデル式（減肉計算式）を設定する。

【0042】従って、各種実機プラント、文献データ及び実験データの減肉データベースと、データベース化したエロージョン・コロージョンの環境条件毎に設定したエロージョン・コロージョン因子と減肉速度との関係式と、前述の数学モデル式（減肉計算式）におけるエロ

握する。これらのデータをもとに、減肉現象のエロージョン・コロージョン因子である材料成分、水質、及び流速等と減肉データとの関係を把握し、次のようなエロージョン・コロージョン減肉計算の数学モデル式（1）を設定する。

ジョン・コロージョン因子の関係式と減肉データベースより求められるエロージョン・コロージョンパラメータの $\alpha(T, v, O_2, \dots)$ との関係について、対象プラントのエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価ができるように、データベース化した数学モデル式（減肉計算式）の各エロージョン・コロージョン因子の各環境条件毎のエロージョン・コロージョン減肉計算方法について、以上のようにエロージョン・コロージョン減肉現象の減肉計算及び評価法をシステム化する。

【0043】次に、システム化したエロージョン・コロージョンによる減肉現象の減肉計算及び評価法により、プラントの機器及び配管装置類の寿命を予測化すると共に、表示するようにする。以上により、減肉計算及び評価を行い実機プラントの点検・取り替え及び水質等の環境条件及び運転条件等の変更を出力し、表示するようにしたものである。即ち、エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法をシステム化して、寿命予測化し、実機プラントの点検及び取り替え等を出力表示する。

【0044】従って、従来の傾向管理手法の実機データを使用せず、実機データがなくとも寿命予測ができ、これにより精度の高い寿命予測を行い、信頼性の高い予防保全ができ、かつ、効果的な機器及び配管装置類の減肉計算及び評価を行うことができる。また、これらのエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法は、数値計算に裏付けられた減肉管理を行うことができる。更に、本エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法のシステムを使用することにより、機器及び配管装置類の肉厚測定省略または、削減を行うことができる。なお、これらの手法は、多くの各種プラントの減肉データ及び一般の減肉関係のデータとしての文献データ及び実験データの減肉データベースより、寿命予測を行うというものである。

〔実施例2〕次に本発明の他の実施例について説明する。プラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法について、実施例1で説明した各種プラントの減肉測定データ及び一般の減肉関係のデータとしての文献データ及び実験データの減肉データベースにより求める減肉計算及び評価法は、一般的なプラントを対象としており、平均的な計算及び評価結果となる。

【0045】しかしながら、実機プラントには、プラン

ト特有の傾向を示すことが多く、その実機プラントにあった減肉計算及び評価法のシステムにすることにより、より精度を向上させる必要がある。従って、各種プラントの減肉データと、減肉データの文献データ及び実験データと、設定した減肉計算用の数学モデル式によるエロージョン・コロージョンの減肉管理及び評価システムの精度向上を図るため、この減肉計算及び評価法のシステムに、実機プラントの各系統に肉厚測定用のブルーブ等を取り付け、または、肉厚を計測することにより、これらの肉厚測定用のブルーブ等によるオンライン減肉管理システムを構成し、実機プラントの肉厚をフォロー管理することにより、実機プラントの減肉データベースの追加、エロージョン・コロージョンの因子と減肉速度の関係式の補正及びデータベース化した各エロージョン・コロージョン因子の各条件毎のエロージョン・コロージョンによる数学モデル式（減肉計算式）のデータベースの追加、修正を行い、以上により、エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価システムを検証、修正及び更新し、精度を向上させることができる。

【0046】以上のオンライン減肉管理システムにより、プラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法の精度向上をはかったシステムを図面を参照して説明する。

【0047】図2は、本発明によるプラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法のシステムのフローを改善した一例を示すフローチャートである。即ち、機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価方法としては、先ず、各種プラントの減肉データ、即ち、火力、原子力、地熱及びコンバインドサイクル等の発電プラント、化学プラント及び造水プラント等の実機プラントの減肉測定データと、一般の減肉関係のデータとしての文献データ及び実験データの減肉データベースを作成する。また、各種プラントの減肉データ及び文献、及び実験データより、エロージョン・コロージョンによる減肉現象の因子である材料成分、機器及び配管装置類の幾何学的形状、pH、湿度、温度及び流速等と減肉速度との関係を把握する。これらのデータをもとに、減肉現象のエロージョン・コロージョン因子である材料成分、水質、及び流速等と減肉データとの関係を把握し、第1実施例と同様にエロージョン・コロージョン減肉計算用の数学モデル式（1）を設定する。

【0048】次に、以上の各種実機プラントの減肉データベース及び文献データ及び実験データの減肉データベースをもとに、エロージョン・コロージョンによる減肉現象の因子を把握するため、例えば、一つの因子の影響を調査する場合には、他の因子については、環境条件等を狭めて、一つの因子の影響が明確になるように、エロージョン・コロージョンの各因子の環境条件等を設定し、エロージョン・コロージョンの各因子と減肉速度と

の関係を把握し、これらの関係を関数化する。即ち、エロージョン・コロージョン現象の水質及び材料成分の化学的環境の因子である温度、材料成分、溶存酸素濃度及び物理的環境の流速及び幾何学的形状等のそれぞれの因子について、狭い環境条件で設定したエロージョン・コロージョンの環境条件毎にエロージョン・コロージョンの各因子と減肉速度との関係を関数化し、これらの多数の関数式を新たにデータベース化し、減肉計算及び評価に使用する。これは、数学モデル式の $F_1(T)$ 、 $F_2(v)$ 、 $F_3(O_2)$ 等の関数式を求めてデータベース化するものである。

【0049】次に、以上の関数化した減肉速度と各エロージョン・コロージョン因子との関数式のデータベース $F_1(T)$ 、 $F_2(v)$ 、 $F_3(O_2)$ ……と、前述の実機プラントの各々の減肉データと、文献データ及び実験データの減肉データベース $F(T, v, O_2 \dots)$ との関係を数学モデル式により求めるというものである。即ち、エロージョン・コロージョンパラメータの $\alpha(T, v, O_2 \dots)$ を各種実機プラントの減肉データ及び文献データ、実験データ毎に求め、各エロージョン・コロージョンの環境条件毎にこれらの多数のエロージョン・コロージョンパラメータのデータベース化をはかり、数学モデル式（減肉計算式）を設定するものである。従って、各種実機プラント、文献データ及び実験データの減肉データベースと、データベース化したエロージョン・コロージョンの環境条件毎に設定したエロージョン・コロージョン因子と減肉速度との関係式と、前述の数学モデル式（減肉計算式）におけるエロージョン・コロージョン因子の関係式と減肉データベースより求められるエロージョン・コロージョンパラメータの $\alpha(T, v, O_2 \dots)$ との関係について、対象プラントのエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価ができるように、データベース化した数学モデル式（減肉計算式）の各エロージョン・コロージョン因子の各環境条件毎のエロージョン・コロージョン減肉計算方法について、以上のようにエロージョン・コロージョン減肉現象の減肉計算及び評価法をシステム化する。

【0050】次に、システム化したエロージョン・コロージョンの減肉現象の減肉計算及び評価法の精度向上をはかるため、この減肉計算及び評価法のシステムに、実機プラントの各系統毎に少なくとも、1個以上の肉厚測定用のブルーブ等を取り付け、または、実機プラントの各系統毎に少なくとも1箇所以上、肉厚測定器具により肉厚を計測し、これらの肉厚測定用のブルーブ等によるオンライン減肉管理システムを構成し、対象実機プラントの肉厚をフォロー管理することにより、これらの減肉データにより、実機プラントの減肉測定データの追加、関数化したエロージョン・コロージョンの各因子と減肉速度の関数式の補正、及びデータベース化した各エロージョン・コロージョン因子の各条件毎のエロージョン・

コロージョンによる数学モデル式（減肉計算式）の追加、修正を行い、以上により、エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価システムを検証、修正及び更新し、減肉計算及び評価システムの精度向上をはかる。

【0051】そこで、第1実施例と同様に、システム化したエロージョン・コロージョンによる減肉現象の減肉計算及び評価法により、プラントの機器及び配管装置類の寿命を予測化すると共に、表示する。

【0052】次に、一例として、原子力発電プラントにオンライン減肉監視システム23を取り付けた場合の構成を図面を参照して説明する。

【0053】図3において、機器及び配管装置の肉厚測定をオンラインで計測するために、主蒸気管3、クロスアラウンド管湿分離器入口管5、クロスアラウンド管湿分離器出口管7、復水ポンプ出口管13、高圧給水管16、抽気管17a、17b…及び給水加熱器ドレン管18a、18b…の代表的な部位にブループとしての探触子19を取り付け、リード線20により肉厚測定器21と接続し、肉厚測定器21とデータ送信ライン22によりオンライン減肉監視システム23に接続し、エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価システムと結合させる。

【0054】また、これらの肉厚測定器を配管装置に取り付けた場合の構成を図面を参照して説明する。配管装置は、直管及び管継手類より構成されている。即ち、図4において、配管装置の代表的な一例としての構成は、直管24、Tピース25及び曲がり管26は、溶接接続等により接続されている。この代表的な部位の曲がり管26の背側にブループとして、肉厚測定用の探触子19を取り付け、肉厚測定器21にリード線20により、接続している。肉厚測定器21より、オンライン減肉監視システム23にデータ送信ライン22により接続している。

【0055】次に、作用について説明すると、探触子19と肉厚測定器21により、代表的な部位の肉厚を測定し、オンライン減肉監視システム23に送信され、これらの減肉データは、エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価システムに減肉データが送信される。これにより、連続的に最新の配管肉厚データ（減肉データ）をシステム内に入力し、実機プラントの肉厚フォロー管理、データベースの追加・修正及びエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価システムの検証、修正及び更新し、精度向上をはかる。

【0056】ここで、本数学モデル式（減肉計算式）は、特に、火力及び原子力発電プラントのループ内の水及び蒸気関係について構成したものであり、エロージョン・コロージョン減肉現象のパラメータとしては、機器及び配管装置類の幾何学的形状、温度、流速、pH、溶存酸素濃度、湿度及び材料成分等を選んでいるが、こ

れらのプラントの不純物として考えられる微量の $C1^-$ 、 SO_4^{2-} 等が含まれていると腐食が加速される。これが、前述のそのプラント特有の現象で表れることが多く、これらの補正として、前述のブループによる探触子19と肉厚測定器21によるオンライン減肉監視システム23により、エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価システムにフィードバックし、減肉計算及び評価システムの修正、補正及び更新し、精度向上をはかる。

【0057】以上より、従来の傾向管理手法を併用して、実機減肉データをオンラインでフィードバックし、少ない実機データで減肉評価システムを補正し、オンラインで最新データを入力し、これにより精度の高い実機評価を行い、効果的な減肉管理を行って、精度の高い寿命評価により、信頼性の高い予防保全ができ、かつ、効果的な機器及び配管装置類の減肉計算及び評価を行うことができる。また、これらのエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法は、数値計算に裏付けられた減肉管理を行うことができる。

【0058】更に、本エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法のシステムを使用することにより、オンラインで機器及び配管装置類の肉厚を計測するため、最新データを入力でき、定期的な肉厚測定を省略でき、省力化をはかることができる。

【0059】なお、これらの手法は、多くの各種プラントの減肉データ及び一般の減肉関係のデータとしての文献データ及び実験データの減肉データベースより、寿命予測を行うというものである。

〔実施例3〕次に本発明の他の実施例について説明する。

【0060】図5は、本発明によるプラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法のシステムのフローの実施例2の他に改善した一例を示すフローチャートである。本実施例においては、システム化したエロージョン・コロージョンの減肉現象の減肉計算及び評価法の精度向上をはかるため、この減肉計算及び評価法のシステムに、実機プラントの代表的な部位の少量の減肉測定データを収集し、対象実機プラントの肉厚をフォロー管理することにより、これらの減肉データにより、実機プラントの減肉測定データの追加、関数化したエロージョン・コロージョンの各因子と減肉速度の関数式の補正、及びデータベース化した各エロージョン・コロージョン因子の各条件毎のエロージョン・コロージョンによる数学モデル式（減肉計算式）の追加、修正を行い、以上により、エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価システムを検証、修正及び更新し、減肉計算及び評価システムの精度向上をはかるようにしてある。

〔実施例4〕次に本発明の他の実施例について説明する。

【0061】一般に、機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉現象の因子としては、温度及び溶存酸素濃度等の化学的因子と、流速及び機器及び配管装置類の幾何学的形状の物理的要因が上げられる。また、実機プラントには、実機特有の傾向がある。従って、これらの実機特有のエロージョン・コロージョンによる減肉現象を把握すれば、その実機プラントに合ったエロージョン・コロージョンによる減肉対策を講じることができる。即ち、これらの方法により、プラントの機器及び配管装置類について、実機プラントの肉厚測定データ（減肉データ）による傾向管理手法により、エロージョン・コロージョンによる減肉対策及び指針を設定するものである。

【0062】以上のプラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法の肉厚測定データによる評価方法を図面を参照して説明する。図6は、本発明によるプラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法の肉厚測定データによる評価方法の一例を示すフローチャートである。即ち、機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉評価法について、先ず、各種プラントの減肉データ、即ち、火力、原子力、地熱及びコンバインドサイクル等の発電プラント、化学プラント及び造水プラント等の実機プラントの減肉測定データと、一般の減肉関係のデータとしての文献データ及び実験データと、減肉評価対象プラントの実機の傾向管理データベースとしての実機プラントの減速測定データを入力し、これらの減肉データベースより、実機プラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉現象の因子の影響を調査し、減肉傾向を把握するため、減肉データを整理・分析し、統計的に分析、評価することにより、エロージョン・コロージョンによる減肉現象の因子の影響及び対象実機プラントのプラント特有の減肉現象及び原因を把握し、減肉現象の原因分析を行うものである。

【0063】また、機器及び配管装置類の減肉対策評価として、以上のエロージョン・コロージョンによる減肉現象の因子の影響及び減肉現象の減肉対策評価として、以上のエロージョン・コロージョンによる減肉現象の因子の影響及び減肉現象の原因分析及びプラント特有の現象を把握し、また、減肉現象のエロージョン・コロージョン因子のランク付け及び重み付けを行う。

【0064】次に、以上の減肉現象のエロージョン・コロージョン因子のランク付け及び重み付けにより、材料成分の変更（例えば、炭素鋼よりCrMo鋼に変更等）、機器及び配管装置類の幾何学的形状の変更、pH、溶存酸素濃度、流速及び湿り度等の水質、環境条件等の変更について、機器及び配管装置類の減肉対策及び管理方法を表示し、減肉評価のための、前述の減肉現象のエロージョン・コロージョン因子のランク付け及び重

み付けにより、対策の重要度、対策の優先順位について、エロージョン・コロージョン因子の特に強く、機器及び配管装置類の減肉対策の効果の大きい順番を表示出力する。なお、圧力及び温度等の運転条件の変更は、効果は大きい、運転方法の変更等は難しくなっている。

【0065】次に、これらの優先順位及びコスト等を検討し、余寿命向上のための管理方法環境条件の変更、点検、取り替え等を明示して、機器及び配管装置類の減肉対策、管理方法等を出力・表示する。

【0066】以上により、実機プラントの機器及び配管装置類の減肉対策の効果として、点検・取り替え及び運転条件及び水質変更等の管理方法等の変更を行う。

【0067】次に、配管減肉データのデータベース作成のためのデータ入力表を図面を参照して説明する。図7は、配管減肉データのデータ入力表29を示す。実機プラントのエロージョン・コロージョン現象による減肉測定データの減肉データ類の整理分析のためのインプット入力項目としては、エロージョン・コロージョン現象の因子が明確になるように、データ入力表29のように設定し、インプットするものである。

【0068】即ち、データ入力表29には、番号、配管番号、プラント名、調査配管名、流体・種類、部品名、材料、運転圧力、運転温度、流速、pH、溶存酸素濃度、湿り度、公称外径、運転時間及び減肉率等を入力し、必要、かつ、十分なデータ入力項目により、統計的に分析評価ができるようにしたものである。以上のデータ入力表29の入力イメージは、例えば、最大減肉値により、減肉量を計算する場合には、減肉量の最大減肉値を使用し、また、平均的な傾向を把握する場合には、減肉量としては最頻値を使用し、目的にあった減肉量のデータを使用することにより、目的にあった減肉計算を行うことができる。また、これらのデータ入力表29の入力項目は、これらを十分に反映し、データベースにしたものである。

【0069】以上により、実機プラントの機器及び配管装置類の減肉傾向が把握でき、種々の減肉対策を明示して対象実機プラントの減肉対策を行うものである。従って、対象実機プラントの減肉傾向の要因分析により、減肉傾向の発生条件、感度、減肉変化率等を統計的に把握し、重み付けして、実機プラントの機器及び配管装置類の保守管理を行い、効率の良い減肉管理と寿命診断ができ、精度の高い寿命評価により、信頼性の高い予防保全ができ、かつ、効果的な機器及び配管装置類の減肉計算及び評価を行うことができる。また、これらのエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法は、数値計算に裏付けられた減肉管理を行うことができる。これにより、機器及び配管装置類の減肉部位の推定及び特定し、また、これらのエロージョン・コロージョンの影響因子の減肉感度を統計的に把握し、各因子、条件に重み付けして、次の点検計画（取り替え及び点検の測定対象

範囲、系統、位置の選定、測定頻度、代表着目定点の設定等)に反映して、調査箇所の特定制及び測定数を限定したりして、機器及び配管装置類の減肉調査測定箇所の削除及び低減をはかることができる。

〔実施例5〕次に本発明の他の実施例について説明する。

【0070】機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンの減肉評価法においては、エロージョン・コロージョン因子の決定及び数学モデル式の設定が必要である。エロージョン・コロージョンの因子の分析方法を図面を参照して説明する。

【0071】図8は、本発明によるプラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法によるエロージョン・コロージョンの因子分析の一例を示すフローチャートである。減肉現象のエロージョン・コロージョン因子として関係のあるものを選定分析するため、例えば、一例として、火力及び原子力発電プラントの機器及び配管装置類の場合には、各種プラントの減肉データベース及び一般の減肉関係のデータとしての文献データ及び実験データを統計処理して、評価、分析を行い、エロージョン・コロージョンによる減肉現象の因子として、想定される因子としては、次のようなものを選び出している。

【0072】即ち、幾何学的形状(寸法、形状、肉厚、外径)、温度、流速(流量)、溶存酸素濃度、pH、湿度、材料成分、圧力、溶存鉄濃度、有機物濃度及び溶存酸化珪素濃度等を選び出した。次に、エロージョン・コロージョン因子分析表30に示すように、減肉現象のエロージョン・コロージョン因子と、前述の減肉データベースの減肉量をグラフ化して、分析及び評価を行い、減肉量とエロージョン・コロージョン因子の関係を把握し、このグラフより、減肉現象のエロージョン・コロージョン因子のあるものを選定し、エロージョン・コロージョン因子のパラメータとして、機器及び配管装置類の幾何学的形状、温度、流速、溶存酸素濃度、pH、湿度及び材料成分の7項目のパラメータを選定した。

【0073】即ち、エロージョン・コロージョン因子分析表30に示すように、減肉速度(F)と機器及び配管装置類の幾何学的形状、減肉速度(F)と流速、減肉速度(F)とpH、減肉速度(F)と材料成分、減肉速度

(F)と温度、減肉速度(F)と溶存酸素濃度、減肉速度(F)と湿度は、それぞれ減肉速度(F)の関数になっており、これらのエロージョン・コロージョンによる減肉現象の因子は、それぞれパラメータとなっている。また、それらのデータの統計的処理により、エロージョン・コロージョンによる減肉現象の影響の7項目の各因子毎と減肉速度(F)との関係を把握することができる。

【0074】また、材料成分としては、炭素、珪素、マンガ、燐、硫黄、ニッケル、クロム、モリブデン、バナジウム及び銅の内、エロージョン・コロージョンに影響のある、即ち、耐減肉性、耐腐食性に効果のあるニッケル、クロム、モリブデン及び銅の4元素を選定し、エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法システムに入れて、エロージョン・コロージョン現象の材料成分の評価を行っている。また、流体の種類については、水質の腐食性の強い成分については、例えば、海水及び地熱水等の腐食性流体の場合の塩化ナトリウム及び硫化水素等については、特に、コロージョン性が強く、今回対象としているエロージョン・コロージョン現象と違うものであり、エロージョン・コロージョンに及ぼすパラメータとしては別のものと考え、腐食性流体のみのものは除外することにした。従って、コロージョンのみの高電導度水、酸、アルカリ及びエロージョン・コロージョンに関係のない油、通常の空気及びガス等は除外するものとした。また、本エロージョン・コロージョン減肉計算及び評価システムは、火力及び原子力発電プラントのサイクル内の一次系を考えたものであり、エロージョン・コロージョンに及ぼす因子としては、以上の7因子を選定した。

【0075】次に、エロージョン・コロージョン因子の7因子を決定し、数学モデル式の減肉現象のエロージョン・コロージョン因子のパラメータとして7因子により、数学モデル式を構成した。また、数学モデル式は、減肉速度と各エロージョン・コロージョン因子のパラメータとエロージョン・コロージョンパラメータにより構成されている。

【0076】エロージョン・コロージョンによる減肉速度の数学モデル式を式に示す。数学モデル式

$$F(T, v, O_2, Kc, pH, MT, \eta) = \alpha(T, v, O_2, Kc, pH, MT, \eta) \cdot F_1(T) \cdot F_2(v) \cdot F_3(O_2) \cdot F_4(Kc) \cdot F_5(pH) \cdot F_6(MT) \cdot F_7(\eta) \quad (2)$$

F(T, v, O₂, Kc, pH, MT, η) : 減肉速度
α(T, v, O₂, Kc, pH, MT, η) : エロージョン・コロージョンパラメータ
F₁(T) : 温度効果パラメータ
F₂(v) : 流速効果パラメータ
F₃(O₂) : 溶存酸素濃度効果パラメータ

F₄(Kc) : 形状効果パラメータ
F₅(pH) : pH効果パラメータ
F₆(MT) : 材料成分効果パラメータ
F₇(η) : 湿度効果パラメータ

以上の式によりエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法のシステムの基本式とし、寿命評価を実

施している。

【0077】以上より、各種プラントの減肉データ及び減肉データの文献データ及び実験データについて、これらの減肉データの分析評価を行い、エロージョン・コロージョンによる減肉現象のパラメータとして、機器及び配管装置類の幾何学的形状、温度、流速、溶存酸素濃度、pH、湿り度及び材料成分の7項目を選定し、数学モデル式(1)を設定し、以上の数学モデル式により、システム内の基本式を構成し、これらの数学モデル式と、エロージョン・コロージョン因子の7因子を選定することにより、入力データを極力少なくして、かつ、数学モデル式(2)のパラメータを最小限にすることにより、効果的に減肉計算及び評価を行うことができ、精度の高い寿命評価により、信頼性の高い予防保全ができ、かつ、効果的な機器及び配管装置類の減肉計算及び評価を行うことができる。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように、本発明は、各種プラントの減肉データと、減肉データの文献データ及び実験データと、設定した減肉計算用の数学モデル式により、エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法をシステム化して寿命予測化し、実機プラントの点検及び取り替え等を出力、表示し、従来の傾向管理手法の実機データを使用せず、実機データがなくとも寿命予測ができ、これにより精度の高い寿命予測を行い、信頼性の高い予防保全ができ、かつ、効果的な機器及び配管装置類の減肉計算及び評価を行うことができる。

【0079】従って、従来の傾向管理手法の実機データを使用せず、実機データがなくとも寿命予測ができ、これにより精度の高い寿命予測を行い、信頼性の高い予防保全ができ、かつ、効果的な機器及び配管装置類の減肉計算及び評価を行うことができる。また、これらのエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法は、数値計算に裏付けられた減肉管理を行うことができる。更に、本エロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法のシステムを使用することにより、機器及び配管装置類の肉厚測定の省略または、削減することができる。

【0080】従って、本手法の統計処理によるエロージョン・コロージョン減肉計算及び評価システムは、設計ツールとして使用し、精度の高い余寿命管理を行うことができる。以上により、計画的なプラントの機器及び配管装置類の保守の事前計画及び予防保全を行い、プラントの維持コスト及び検査コストを低減することができ、発電プラント等の機器及び配管装置類の信頼性、品質向上及び事故の未然防止をはかり、安定したプラントの運転を行い、電力を供給するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるプラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法

のシステムのフローの一例を示すフローチャート。

【図2】本発明によるプラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法のシステムのフローの改善した一例を示すフローチャート。

【図3】本発明によるプラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法のシステムにおいて、原子力発電プラントにオンライン減肉監視システム23を取り付けた場合の一例を示す構成図。

【図4】本発明によるプラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法のシステムにおいて、肉厚測定器等を配管装置に取り付けの構成の一例を示す図。

【図5】本発明によるプラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法のシステムのフローの実施例2の他に改善した一例を示すフローチャート。

【図6】本発明によるプラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法の肉厚測定データによる評価方法の一例を示すフローチャート。

【図7】配管減肉データのデータ入力表の一例を示す図。

【図8】本発明によるプラントの機器及び配管装置類のエロージョン・コロージョンによる減肉計算及び評価法によるエロージョン・コロージョンの因子分析の一例を示すフローチャート。

【図9】代表的なプラントの一例として、原子力プラントの機器及び配管装置類の構成を示す図。

【図10】エロージョン・コロージョンによる減肉現象の発生のメカニズムを説明する図。

【図11】配管装置の代表的な曲がり管の一例を示す図。

【図12】発電プラントの機器及び配管装置類の予防保全技術としての傾向管理手法によるエロージョン・コロージョンによる減肉部の減肉管理を示すフローチャート。

【図13】配管装置の肉厚測定データ及び既肉厚測定データをもとに、寿命を推定する方法を示す図。

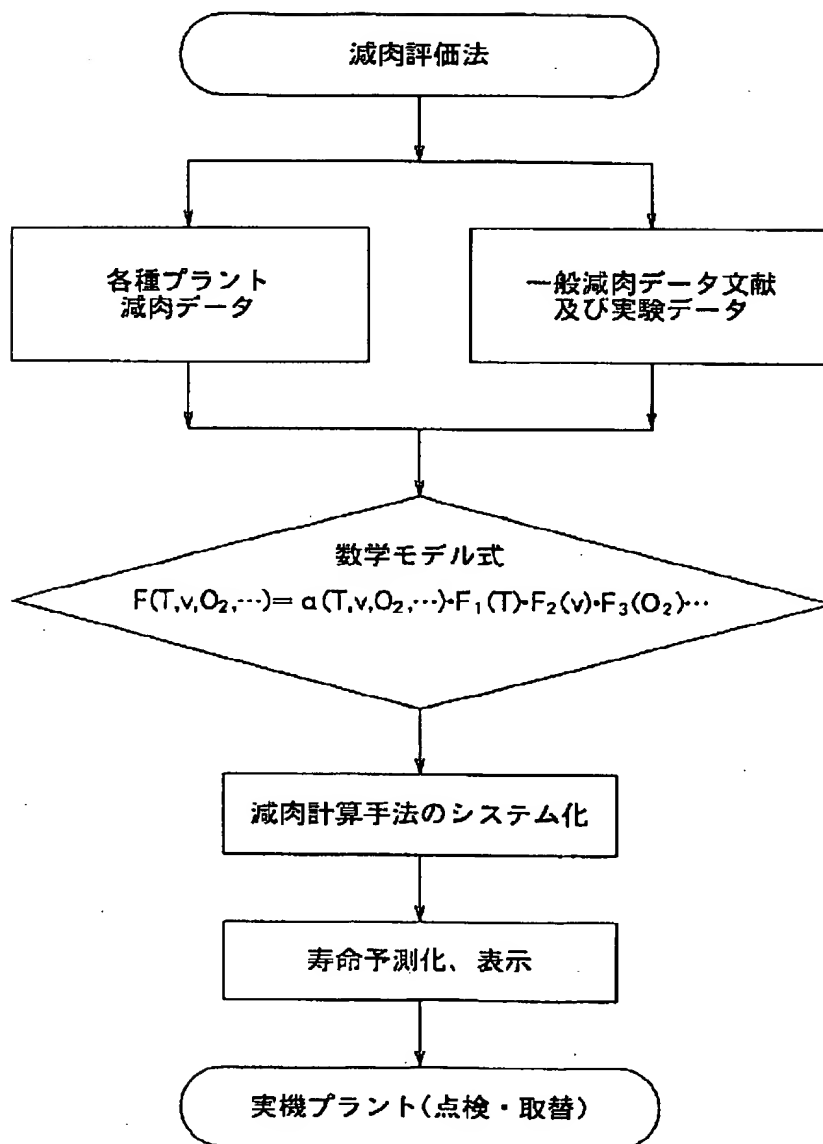
【符号の説明】

- 1 原子炉
- 2 主蒸気管
- 3 主蒸気止め弁
- 4 高圧タービン
- 5 クロスアラウンド管湿分分離器入口管
- 6 湿分分離器
- 7 クロスアラウンド管湿分分離器出口管
- 8 低圧タービン
- 9 発電機

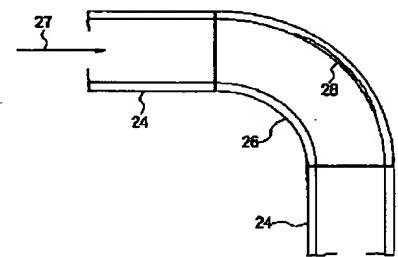
- 10 復水器
- 11 復水ポンプ入口管
- 12 復水ポンプ
- 13 復水ポンプ出口管
- 14 給水加熱器
- 15 原子炉給水ポンプ
- 16 高圧給水管
- 17 抽気管
- 18 給水加熱器ドレン管
- 19 探触子
- 20 リード線

- 21 肉厚測定器
- 22 データ送信ライン
- 23 オンライン減肉監視システム
- 24 直管
- 25 Tピース
- 26 曲がり管
- 27 流れ方向
- 28 減肉箇所
- 29 データ入力表
- 30 エロージョン・コロージョン因子分析表

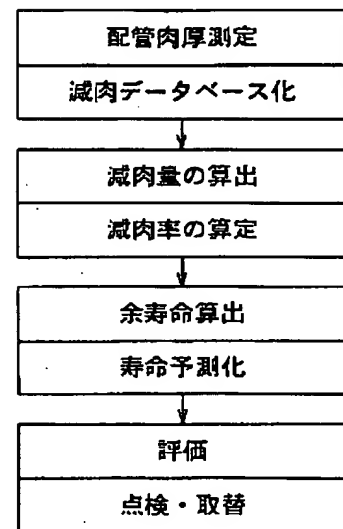
【図 1】



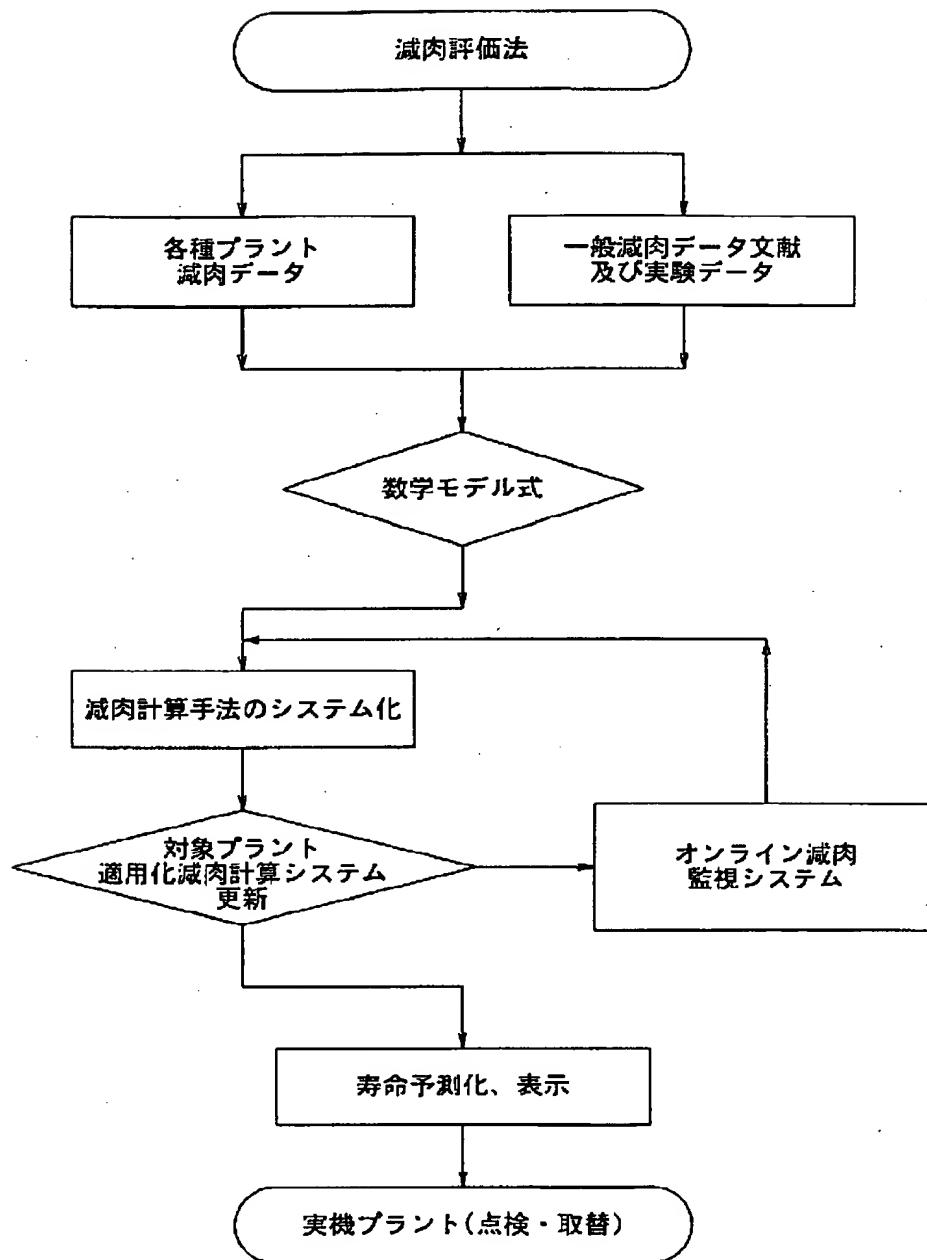
【図 1 1】



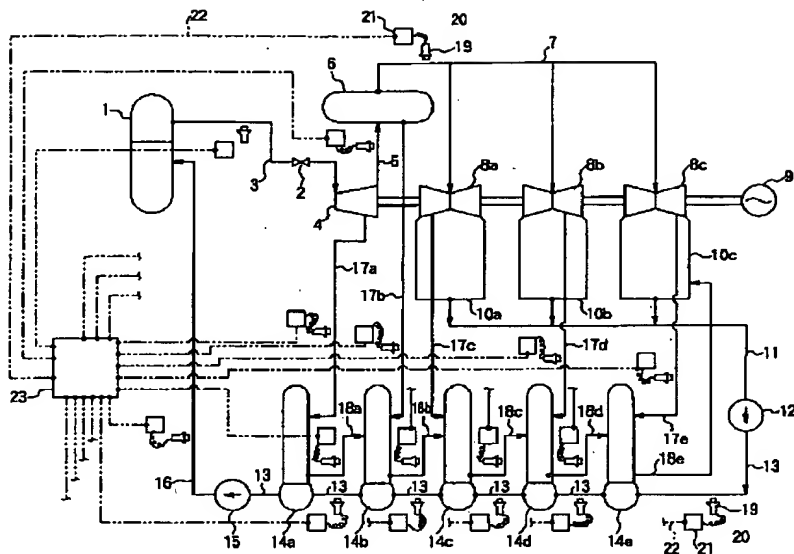
【図 1 2】



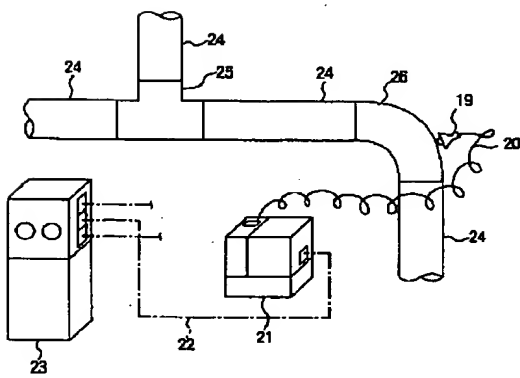
【図 2】



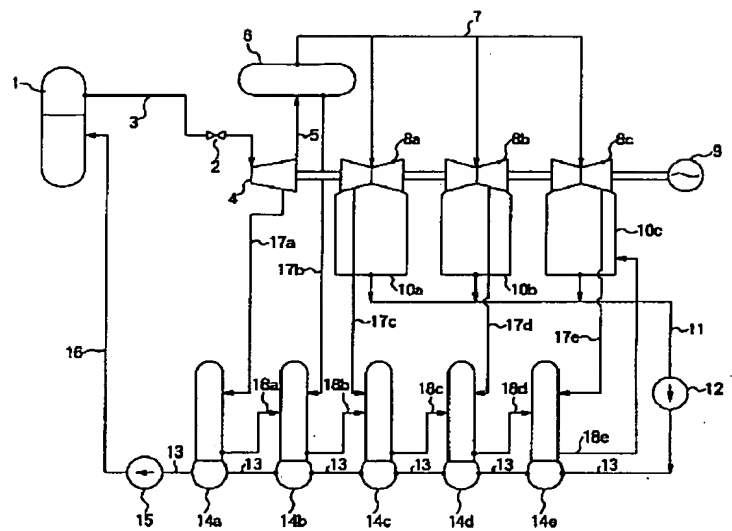
【図 3】



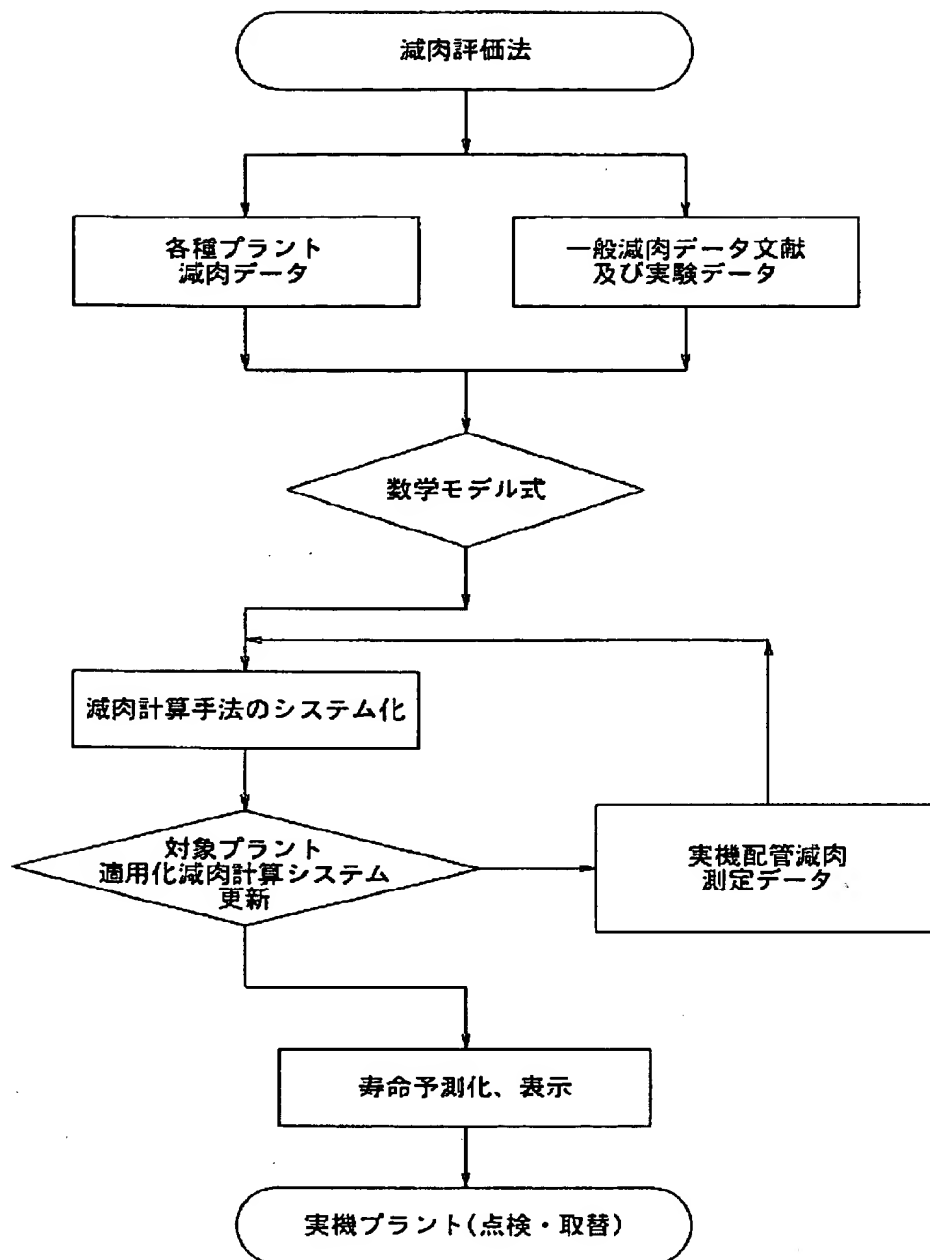
【図 4】



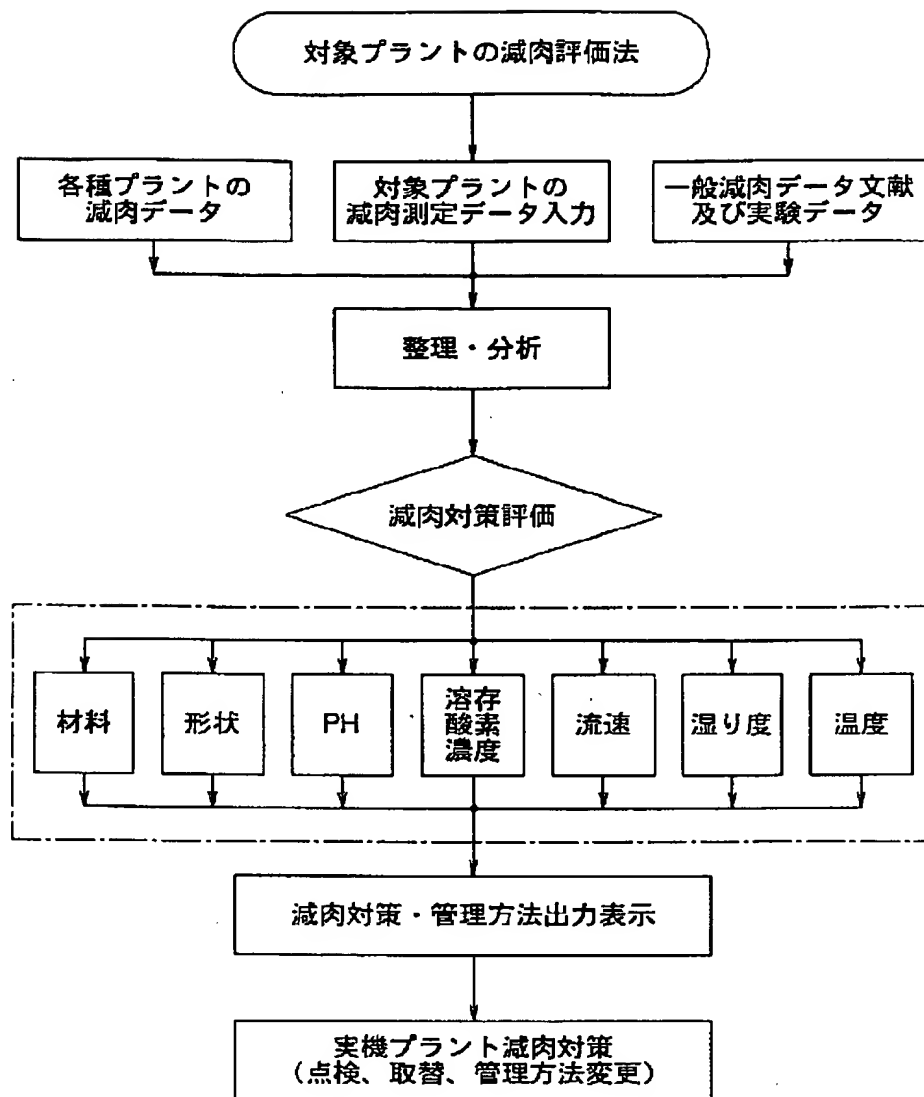
【図 9】



【図 5】



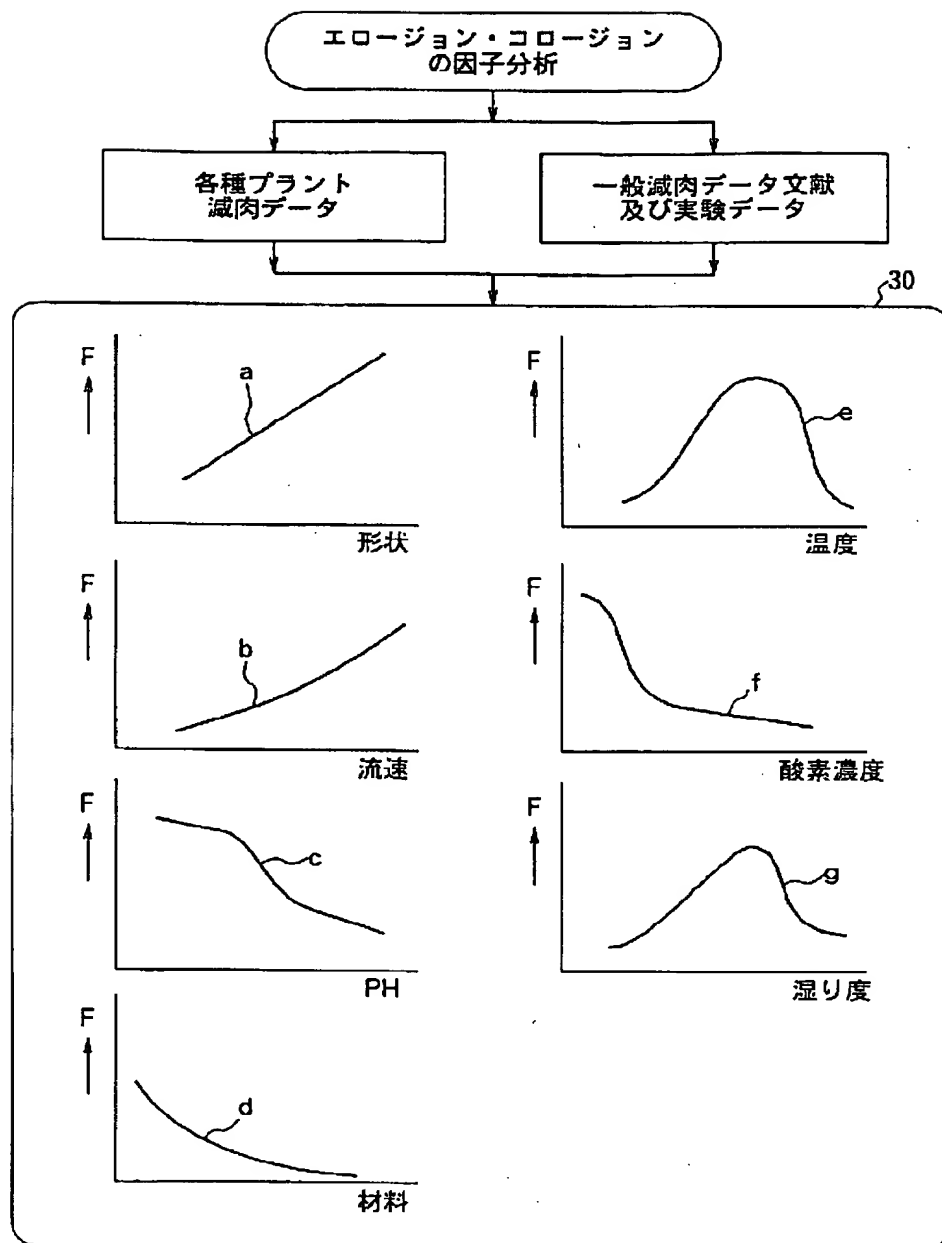
【図 6】



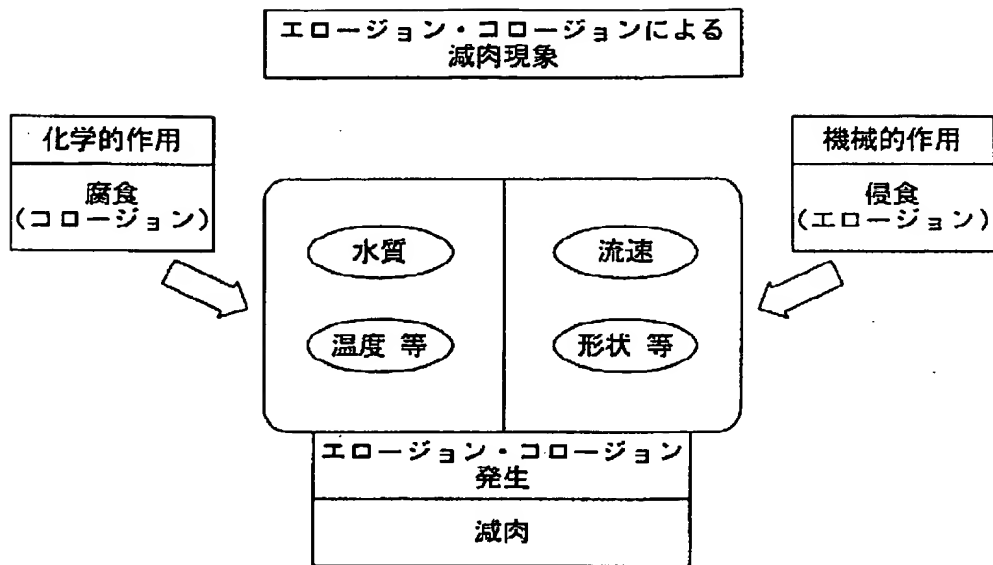
29

[illegible]

【図 8】



【図10】



【図13】

